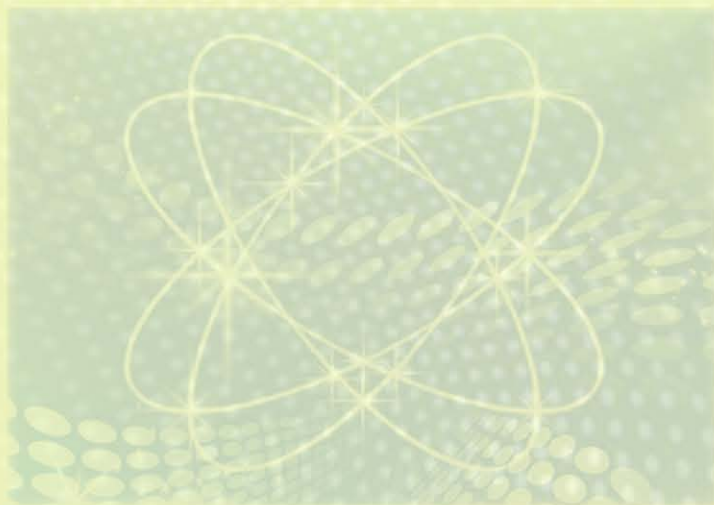


工程力学实验指导书



北京理工大学出版社

工程力学实验指导书

班级： _____

学号： _____

姓名： _____

目 录

实验一 金属材料的拉伸及弹性模量测定实验	1
一、实验目的与要求	1
二、实验设备和仪器	1
三、实验原理与方法	1
四、实验步骤	2
五、实验注意事项	3
六、思考题	3
实验二 金属材料的压缩实验	4
一、实验目的与要求	4
二、实验设备和仪器	4
三、实验原理与方法	4
四、实验步骤	5
五、实验注意事项	6
六、思考题	6
实验三 金属扭转破坏实验、剪切弹性模量测定	7
一、实验目的和要求	7
二、实验设备和仪器	7
三、实验原理和方法	7
四、实验步骤	9
五、实验注意事项	9
六、思考题	9
实验四 弯曲正应力电测实验	10
一、实验目的和要求.....	10
二、实验设备和仪器.....	10
三、实验原理和方法.....	10
四、实验步骤.....	11
五、注意事项.....	11
六、数据处理和实验报告.....	11
七、思考题.....	12

实验一	金属材料的拉伸及弹性模量测定实验报告	13
实验二	金属材料的压缩实验报告	15
实验三	金属扭转破坏实验、剪切弹性模量测定实验报告	17
实验四	弯曲正应力电测实验实验报告	19

实验一 金属材料的拉伸及弹性模量测定实验

一、实验目的与要求

1. 观察低碳钢和铸铁在拉伸试验中的各种现象。
2. 测绘低碳钢和铸铁试件的载荷—变形曲线 ($F - \Delta l$ 曲线)。
3. 测定低碳钢的拉伸屈服点 σ_s 、抗拉强度 σ_b 、伸长率 ψ 、断面收缩率 δ 和铸铁的抗拉强度 σ_b 。
4. 测定低碳钢的弹性模量 E 。
5. 观察低碳钢在拉伸强化阶段的卸载规律及冷作硬化现象。
6. 比较低碳钢 (塑性材料) 和铸铁 (脆性材料) 的拉伸力学性能。

二、实验设备和仪器

1. 微机控制电子万能试验机。
2. 打印机。
3. 游标卡尺。

三、实验原理与方法

金属材料的屈服点 σ_s 、抗拉强度 σ_b 、伸长率 ψ 和断面收缩率 δ 是由拉伸试验测定的。试验采用的圆截面，试样按国家标准 (GB/T 228—2002) 制成，如图 1-1 所示。这样可以避免因试样尺寸和形状的影响而产生的差异，便于各种材料的力学性能相互比较。图中： d_0 为试样直径， l_0 为试样的标距，并且长比例试样要求 $l_0 = 10d_0$ 。国家标准中还规定了其他形状截面的试样，可适用于从不同的型材和构件上制备试样。

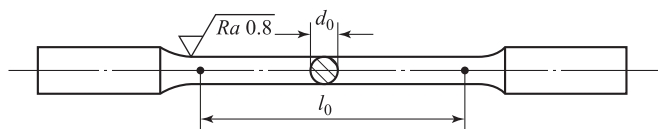


图 1-1 圆截面

金属拉伸试验应遵照国家标准 (GB/T 228—2002) 在微机控制电子万能试验机上进行，在实验过程中，与微机控制电子万能试验机联机的微型电子计算机的显示屏上实时绘出试样的拉伸曲线 (也称为 $F - \Delta l$ 曲线)，如图 1-2 所示。

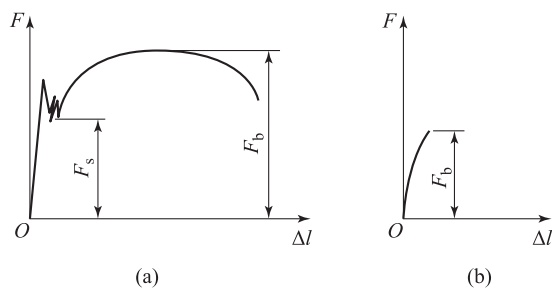


图 1-2 试样拉伸曲线
(a) 低碳钢试样；(b) 铸铁试样

低碳钢试样的拉伸曲线 [图 1-2 (a)] 分为四个阶段，分别为弹性、屈服、强化、局部变形阶段。如果在强化阶段卸载， $F - \Delta l$ 曲线会从卸载点开始向下绘出平行于初始加载弹性阶段直线的一条斜直线，表明它服从弹性规律。如重新加载， $F - \Delta l$ 曲线将沿此斜直线重新回到卸载点，并从卸载点接续原强化阶段曲线继续向前绘制。此种经过冷拉伸使弹性阶段加长、弹性极限提高、塑性下降的现象，工程中称为冷作硬化现象。

铸铁试样的拉伸曲线 [图 1-2 (b)] 比较简单，既没有明显的直线段，也没有屈服阶段，变形很小时试样就突然断裂，断口与横截面重合，断口形貌粗糙。抗拉强度 σ_b 较低，无明显塑性变形。与电子万能试验机联机的微型电子计算机自动给出低碳钢试样的屈服载荷 F_s 、最大载荷 F_b 和铸铁试样的最大载荷 F_b 。

取下试样，测量试样断后最小直径 d_1 和断后标距 l_1 。由下述公式

$$\sigma_s = \frac{F_s}{A_0}, \sigma_b = \frac{F_b}{A_0}, \delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\%, \psi = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\%$$

可计算低碳钢的拉伸屈服点 σ_s 、抗拉强度 σ_b 、伸长率 δ 、断面收缩率 ψ 和铸铁的抗拉强度 σ_b 。如实验前将试样的初始直径 d_0 、初始标距长度 l_0 等数据输入微型计算机，微型计算机可绘出应力-应变 ($\sigma - \varepsilon$) 曲线，并在实验结束后给出该材料的屈服点 σ_s 和抗拉强度 σ_b 。

应当指出，上述所测定的力学性能均为名义值，工程应用较为方便，称为工程应力和工程应变。由于试样受力后其直径和长度都随载荷变化而改变，故真实应力和真实应变须用试样瞬时截面积和瞬时标距长度进行计算。注意到试样在屈服前，其直径和标距变化很小，真应力和真应变与工程应力和工程应变差别不大。试样屈服以后，其直径和标距都有较大的改变，此时的真应力和真应变与工程应力和工程应变会有较大的差别。

低碳钢的弹性模量 E 由以下公式计算：

$$E = \frac{\Delta F l_0}{A_0 \Delta l}$$

式中 ΔF ——相等的加载等级；

Δl ——与 ΔF 相对应的变形增量。

四、实验步骤

1. 分别测量两种试样的初始直径 d_0 和初始标距长度 l_0 ，在试样标距段的两端和中间三处测量试样直径，每处直径取两个相互垂直方向的平均值，做好记录。三处直径的最小值取

作试样的初始直径 d_0 ，用扎规和钢板尺测量低碳钢试样的初始标距长度 l_0 。

2. 熟悉微机控制电子万能试验机的操作方法，运行测试应用程序 TENSENTEST，并开启控制器电源。

3. 在试验机上装夹低碳钢试样：先用上夹头卡紧试样一端，然后提升试验机活动横梁，使试样下端缓慢插入下夹头的 V 形卡板中，锁紧下夹头。

4. 在微型电子计算机测试应用程序界面中执行以下操作：

(1) 选择实验方法。试验方法主要有试验形式（如拉伸）、载荷、变形量程、加载速度、试样编号、尺寸、材料等。设置完毕，可自定义文件名并确定工作目录后存盘；

(2) 单击界面左侧“试验”按钮，开始实验；

(3) 当载荷—变形 ($F - \Delta l$) 曲线进入强化阶段后，单击界面左侧“上升”按钮，进行卸载。当载荷卸至 1kN 左右时再单击界面左侧“下降”按钮，重新加载，并注意观察低碳钢的卸载规律和冷作硬化现象。

5. 继续实验，注意观察试样的变形情况和“颈缩”现象，试样断裂后立即单击应用程序界面左侧“结束实验”按钮。

6. 插好引伸计销钉后拆卸引伸计，然后取下试样，测量断后最小直径 d_1 、断后标距长度 l_1 。

7. 测量铸铁试样的初始直径，并将之装卡在试验机的卡板中（与低碳钢试样测量、装夹方法相同）。重复实验步骤 4~5，进行铸铁试样拉伸实验。

8. 在实验教师指导下读取实验数据，打印曲线。

9. 经实验指导教师检查实验结果后，结束实验并整理实验现场。

五、实验注意事项

1. 为避免损伤试验机的卡板与夹头，同时防止铸铁试样脆断飞出伤及操作者，应注意装卡试样时，横梁移动速度要慢，使试样下端缓慢插入下夹头的 V 形卡板中，不要顶撞卡板顶部；试样下端不要装卡过长，以免顶撞夹头内部装配卡板用的平台。

2. 为保证实验顺利进行，试验时要读取正确的试验条件，严禁随意改动计算机的软件配置。

六、思考题

1. 根据低碳钢和铸铁的拉伸曲线比较两种材料的力学性质。

2. 为什么加载速度要缓慢？

3. 为什么拉伸试验必须采用标准试样或定标距试样？

4. 什么是卸载规律和冷作硬化现象？试举例说明冷作硬化现象的工程应用。

实验二 金属材料的压缩实验

一、实验目的与要求

1. 测定低碳钢的压缩屈服点 σ_s 和铸铁的抗压强度 σ_c 。
2. 观察铸铁试样的破坏断口，分析破坏原因。
3. 分析比较两种材料拉伸和压缩性质的异同。

二、实验设备和仪器

1. 微机控制电子万能试验机。
2. 游标卡尺。
3. 打印机。

三、实验原理与方法

金属材料的压缩屈服点 σ_s 和抗压强度 σ_b ，由压缩试验测定。按试验规范（GB 7314—87）要求，压缩试样应制成短圆柱形（图 2-1）。

分析和实验均表明，压缩试验时，试样的上、下端面与试验机支承垫之间会产生很大的摩擦力（图 2-2），这些摩擦力将阻碍试样上部和下部产生横向变形，致使测量得到的抗压强度偏高，因而应采取措施（磨光或加润滑剂）减少上述摩擦力。注意到试样的高度也会影响实验结果，当试样高度 h_0 增加时，摩擦力对试样中段的影响减少，对测试结果影响较小。此外，如若试样高度直径比 (h_0/d_0) 较大，极易发生压弯现象，抗压强度测量值也不会准确。所以压缩试样的高度与直径的比值 (h_0/d_0) 一般规定为 $1 \leq h_0/d_0 \leq 3$ 。此外，还须设法消除压缩载荷偏心的影响。

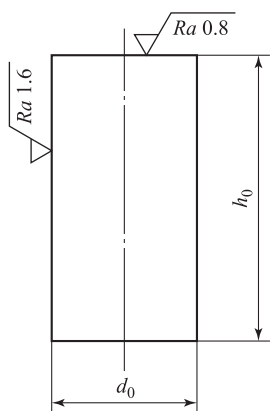


图 2-1 短圆柱形

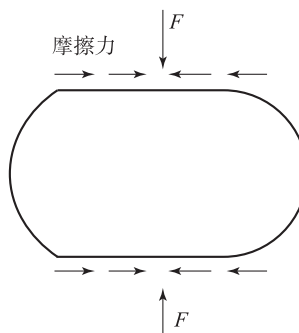


图 2-2 摩擦力

进行低碳钢压缩试验时，为测取材料的压缩屈服点 σ_s ，应缓慢加载，同时仔细观察 $F-\Delta l$ 曲线的发展情况，曲线由直线变为曲线的拐点处所对应的载荷即为屈服载荷 F_s 。材料屈服之后开始强化，由于压缩变形使试样的横截面积不断增大，尽管载荷不断增大，但直至将试样压成饼形也不会发生断裂破坏，如图 2-3 所示。因此无法测量低碳钢的抗压强度 F_b ，压缩试验载荷—变形曲线如图 2-3 所示。

铸铁压缩试验时，由压缩试验载荷—变形曲线（图 2-4）可看出，随着载荷的增加，破坏前试样也会产生较大的变形，直至被压成“微鼓形”之后才发生断裂破坏，破坏的最大载荷即为断裂载荷。破坏断口与试样加载轴线约成 45° 角（图 2-4）。由于单向拉伸、压缩时的最大切应力作用面与最大正应力作用面约成 45° 角，因此，可知上述破坏是由最大切应力引起的。仔细观察试样断口的表面，可以清晰地看到材料受剪切错动的痕迹。

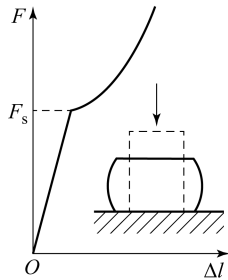


图 2-3 低碳钢压缩试验曲线—变形曲线

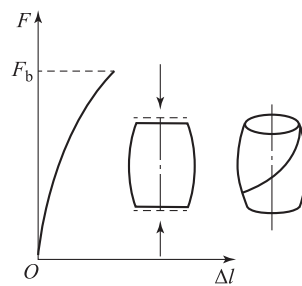


图 2-4 铸铁压缩试验曲线—变形曲线

四、实验步骤

1. 测量试样尺寸：用游标卡尺测量试样高度 h_0 ，测量试样两端及中部三处截面的直径，每处直径为相互垂直方向直径的平均值，取三处直径中的最小值为初始直径 d_0 ，并用其计算截面初始面积 A_0 。

2. 熟悉微机控制电子万能试验机的操作方法，运行测试应用软件 TENSETEST 并开启控制器电源。

3. 把低碳钢试样放置在试验机球形支承座的中心位置上，试样上下一般都要放置坚硬平整的垫块，用以保护试验机压头及支承座，并可调整试验区间的高度，减少空行程。

4. 在微型电子计算机测试应用程序界面中执行以下操作：

(1) 设置实验条件，主要有试验形式（如压缩）、载荷、变形量程、加载速度、试样编号、尺寸、材料等。设置完毕，可自定义文件名并确定工作目录后存盘；

(2) 单击界面左侧“试验”按钮，开始实验；

(3) 注意观察载荷—变形 ($F-\Delta l$) 曲线，找出压缩屈服点，进入强化阶段后，观察试样变形，由于试样为塑性材料，试样压成饼形也不会发生断裂破坏，因此无法测量低碳钢的抗压强度，试样发生较明显变形后可以卸载。

5. 铸铁压缩试验的步骤与低碳钢压缩相同。但因铸铁破坏是脆断，试样发生一定变形后会断裂破坏，为防止试样压断时可能有碎屑崩出，试验前应在试样周围加设有机玻璃防护罩。铸铁压缩试验只能测得试样的断裂载荷 F_b 。注意观察试样断裂后的变形和断口的

表面形貌。

6. 根据实验中测得数据，由式 $\sigma_s = F_s/A_0$ 计算低碳钢的压缩屈服点，由式 $\sigma_b = F_b/A_0$ 计算铸铁的抗压强度，其中 A_0 为试样截面原始面积。

7. 经实验指导教师检查实验结果后，结束实验并整理实验现场。

五、实验注意事项

1. 为保证实验顺利进行，试验时要读取正确的试验条件，严禁随意改动计算机的软件配置。

2. 铸铁压缩实验加载前要设置好试验机的有机玻璃防护罩，以免金属碎屑飞出发生危险。

六、思考题

1. 比较铸铁的抗拉强度和抗压强度并分析脆性材料的力学性能特点。

2. 为什么无法测取低碳钢的抗压强度？

3. 由低碳钢和铸铁的拉伸、压缩试验结果，比较塑性材料与脆性材料的力学性质。

4. 为什么铸铁试样压缩时沿着与加载轴线约成 45° 的斜截面破坏？

实验三 金属扭转破坏实验、剪切弹性模量测定

一、实验目的和要求

1. 测定低碳钢的剪切屈服点 τ_s 、抗剪强度 τ_b 和铸铁的抗剪强度 τ_b ，观察扭矩—扭转角曲线 ($T-\varphi$ 曲线)。
2. 观察两类材料试样扭转破坏断口形貌，并进行比较和分析。
3. 测定低碳钢的切变模量 G 。

二、实验设备和仪器

1. 微机控制扭转试验机。
2. 游标卡尺等。

三、实验原理和方法

遵照国家标准 (GB/T 10128—2007 金属材料 室温扭转试验方法) 采用圆截面试样的扭转试验，可以测定各种工程材料在纯剪切情况下的力学性能。如材料的剪切屈服点 τ_s 和抗剪强度 τ_b 等。圆截面试样须按上述国家标准制成，如图 3-1 所示。试样两端的夹持段铣削为平面，这样可以有效地防止试验时试样在试验机卡头中打滑。

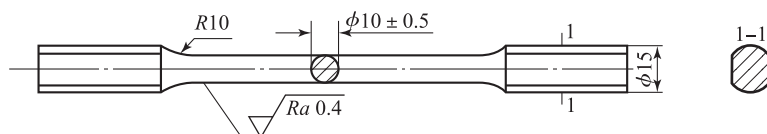


图 3-1 圆截面扭转试验

试验机软件的绘图系统可绘制扭矩—扭转角曲线，简称扭转曲线，如图 3-2 (a)、图 3-2 (b) 中的 $T-\phi$ 曲线。

由图 3-2 (a) 可以看到，低碳钢试样的扭转试验曲线由弹性阶段 (oa 段)、屈服阶段 (ab 段) 和强化阶段 (cd 段) 构成，但屈服阶段和强化阶段均不像拉伸试验曲线中那么明显。由于强化阶段的过程很长，图中只绘出其开始阶段和最后阶段，破坏时试验段的扭转角可达 10π 以上。

如图 3-2 (b) 所示的铸铁试样扭转曲线可近似地视为直线 (与拉伸曲线相似，没有明显的直线段)，试样破坏时的扭转变形比拉伸破坏时的变形要明显得多。

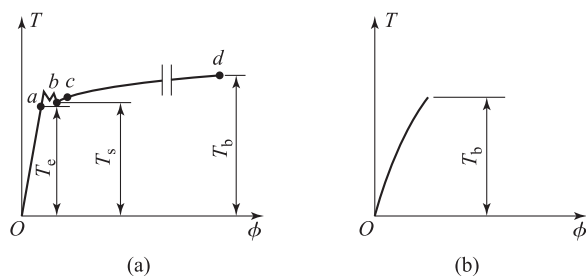


图 3-2 扭转曲线
(a) 低碳钢; (b) 铸铁

从扭转试验机上可以读取试样的屈服扭矩 T_s 和破坏扭矩 T_b 。由 $\tau_s = T_s/W_T$ 和 $\tau_b = T_b/W_T$ 计算材料的剪切屈服点 τ_s 和抗剪强度 τ_b ，式中， $W_T = \pi d_0^3/16$ 为试样截面的抗扭截面系数。

需要指出的是，对于塑性材料，采用实心圆截面试样测量得到的剪切屈服点 τ_s 和抗剪强度 τ_b ，高于薄壁圆环截面试样的测量值，这是因为实心圆截面试样扭转时横截面切应力分布不均匀所致。

当圆截面试样横截面的最外层切应力达到剪切屈服点 τ_s 时，占横截面绝大部分的内层切应力仍低于弹性极限，因而此时试样仍表现为弹性行为，没有明显的屈服现象。当扭矩继续增加使横截面大部分区域的切应力均达到剪切屈服点 τ_s 时，试样会表现出明显的屈服现象，此时的扭矩比真实的屈服扭矩 T_s 要大一些，对于破坏扭矩 T_b 也会有同样的情况。

低碳钢试样和铸铁试样的扭转破坏断口形貌有很大的差别。如图 3-3 (a) 所示低碳钢试样的断面与横截面重合，断面是最大切应力作用面，断口较为平齐，可知为剪切破坏；如图 3-3 (b) 所示铸铁试样的断面是与试样轴线成 45° 角的螺旋面，断面是最大拉应力作用面，断口较为粗糙，因而是最大拉应力造成的拉伸断裂破坏。

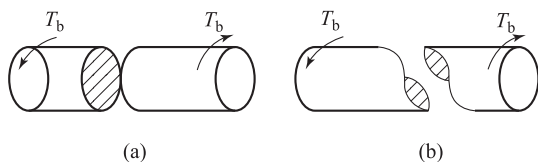


图 3-3 扭转破坏断口形貌

材料的切变模量 G 遵照国家标准 (GB/T 10128—1988) 可由圆截面试样的扭转试验测定。在弹性范围内进行圆截面试样扭转试验时，扭矩 T 与扭转角 Φ 之间的关系符合扭转变形的胡克定律 $\Phi = Tl/GI_p$ ，式中， $I_p = \pi d_0^4/32$ 为截面的极惯性矩。当试样长度 l 和极惯性矩 I_p 均为已知时，只要测取扭矩增量 ΔT 和相应的扭转角增量 $\Delta \Phi$ ，可由式

$$G = \frac{\Delta T \cdot l}{\Delta \Phi \cdot I_p}$$

计算得到材料的切变模量。实验通常采用多级等增量加载法，这样不仅可以避免人为读取数据产生的误差，而且可以通过每次载荷增量和扭转角增量验证扭转变形胡克定律。

注意到三个弹性常数 E 、 μ 、 G 之间的关系： $G_{tr} = \frac{E}{2(1+\mu)}$ ，由材料手册查得材料的弹性模量 E 和泊松比 μ ，计算得到材料的切变模量 G_{tr} ，如将计算值 G_{tr} 取作真值，可将测试得

到的 G 值与 G_r 值进行比较，检验测试误差。

四、实验步骤

1. 测量试样直径 d_0 、长度 L 。
2. 装夹试样（操作方法参见试验机使用手册）。
3. 进入 PowerTest 软件，选择剪切弹性模量测定试验方案。
4. 按软件“运行”键，开始试验。
5. 记录多级等增量加载实验数据。
6. 选择金属扭转破坏试验方案。
7. 按软件“运行”键，开始试验。
8. 试样被扭断后停机，取下试样，注意观察试样破坏断口形貌。
9. 记录实验数据。
10. 请指导教师检查原始记录并签字后，结束实验。将试验机复位并整理现场。

五、实验注意事项

1. 推动试验机移动支座时，切忌用力过大，以免损坏试样或传感器。
2. 进入软件前请确定试验机电源已打开。
3. 退出软件前请确定试验机电源已关闭。

六、思考题

1. 为什么低碳钢试样扭转破坏断面与横截面重合，而铸铁试样是与试样轴线成 45° 螺旋断裂面？
2. 根据低碳钢和铸铁拉伸、压缩、扭转试验的强度指标和断口形貌，分析、总结两类材料的抗拉、抗压、抗剪能力。
3. 圆截面试样拉伸试验屈服点和扭转试验剪切屈服点有什么区别和联系？
4. 切变模量 G 的物理意义。
5. 用拉伸（压缩）试验能否间接测量材料的切变模量 G ？

实验四 弯曲正应力电测实验

一、实验目的和要求

1. 学习使用应变片和电阻应变仪测定静态应力的基本原理和方法。
2. 测定弯曲钢梁横截面不同位置的正应力。
3. 观察梁纯弯曲段横截面正应力分布规律，验证弯曲正应力公式的适用范围。

二、实验设备和仪器

1. 微机控制电子万能试验机。
2. 静态电阻应变仪。

三、实验原理和方法

1. 实验装置和测试方法

本实验的测试对象为低碳钢制矩形截面简支梁，加载方式如图 4-1 所示。

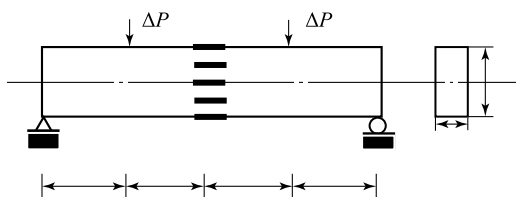


图 4-1 简支梁加载方式

由材料力学可知，钢梁 CD 段将承受纯弯曲，其弯矩大小为

$$M = \Delta Pa \quad (1)$$

横截面上弯曲正应力公式为

$$\sigma = \frac{My}{I_z} \quad (2)$$

式中 y ——被测点到中性轴 z 的距离；

I_z ——梁截面对 z 轴的惯性矩。

$$I_z = \frac{bh^3}{12} \quad (3)$$

通过电子万能试验机对简支梁加载，在 CD 段对称于中性层每隔 $\frac{h}{4}$ 一个与轴线平行的电阻应变片，应变片 3 粘贴在梁的中性层处。在梁的端部上表面零应力处粘贴有温度补偿

片，可对以上各应变片进行温度补偿。当梁受载时，应变片随梁变形而变形，由电阻应变仪测得各点处的应变值 $\varepsilon_{\text{实}}$ ，在弹性范围内，有应力应变关系：

$$\sigma_{\text{实}} = E\varepsilon_{\text{实}} \quad (4)$$

式中 E ——钢梁的弹性模量。

实验采用增量法。每增加等量载荷 ΔP ，测得各点相应得应变增量 $\Delta\varepsilon_{\text{实}}$ 一次。因每次 ΔP 相同，故 $\Delta\varepsilon_{\text{实}}$ 应是基本上按比例增加。

四、实验步骤

1. 试件准备

测量钢梁横截面尺寸，准确地把钢梁搁在电子万能试验机的弯曲台上，按四点加载法将力分配梁准确地搁在钢梁上，测量 AC 和 BD 段距离，两者应严格相同。

2. 仪器准备和接线

(1) 实验选用 1/4 桥共补偿片连接法（1、2、3、4、5 列接线柱 A 、 B 分别接测量工作片 1、2、3、4、5，温度补偿片接补偿位置 A 、 B 接线柱）。

(2) 指导教师检查无误后，接通电阻应变仪电源，检查电阻应变仪灵敏系数 $K_{\text{仪}}$ ， $K_{\text{仪}}$ 应与应变片灵敏系数 $K_{\text{片}}$ 值一致，若不一致则须调整。

3. 正式实验

根据材料的许可应力和实验装置的有关尺寸，计算最大允许载荷值 F_{max} ，并选定初始载荷 F_0 。按等量加载法拟定电子万能试验机加载方案，并同时根据需要记录电阻应变仪读数 $\Delta\varepsilon_i$ 。

4. 教师检查原始记录、签字，结束实验。

五、注意事项

认真观察、调整实验装置，确保 AC 段与 BD 段距离相等。

六、数据处理和实验报告

1. 对每一测点求出应变增量的平均值

$$\overline{\Delta\varepsilon_{\text{实}}} = \frac{\sum \Delta\varepsilon_i}{n} \quad (5)$$

由式 (4) 可知

$$\overline{\Delta\sigma_{\text{实}}} = E \overline{\Delta\varepsilon_{\text{实}}} \quad (6)$$

2. 由式 (2) 可知，与载荷增量 ΔP 相应的应力增量理论值为

$$\Delta\sigma_{\text{理}} = \frac{\Delta M \cdot y}{I_z} \quad (7)$$

$$\Delta M = \frac{\Delta P \cdot a}{2} \quad (8)$$

3. 对每一测点，列表比较 $\Delta\sigma_{\text{理}}$ 与 $\overline{\Delta\sigma_{\text{实}}}$ ，并计算相对误差

$$e = \frac{\Delta\sigma_{\text{理}} - \overline{\Delta\sigma_{\text{实}}}}{\Delta\sigma_{\text{理}}} \times 100\% \quad (9)$$

七、思考题

1. 尺寸、加载方式完全相同的钢梁和木梁，如果与中性层等距离处纤维的应变相等，问两梁相应位置的应力是否相等？载荷是否相等？
2. 采用等增量加载法的目的是什么？

实验一 金属材料的拉伸及弹性模量测定实验报告

姓名 _____ 班级 _____ 学号 _____ 成绩 _____

一、实验目的

二、实验设备

机器名称 _____ 型号 _____

测量工具 _____ 精度 _____

三、实验原理

1. 圆截面试件：长试件 $L_0 =$ _____ 或短试件 $L_0 =$ _____。
2. 低碳钢拉伸试验经过 _____ 个阶段，写出各阶段的特点：
 - (1) _____ 阶段：_____。
 - (2) _____ 阶段：_____。
 - (3) _____ 阶段：_____。
 - (4) _____ 阶段：_____。

四、实验数据测量

低碳钢试件

标距 l_0 /mm	实验前									实验后		
	直径 d_0 /mm									断后标距 l_1 /mm	断口直径 (断口直径较小一端) d_1 /mm	
	截面 I			截面 II			截面 III				平均	平均
			平均			平均			平均			